

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-102475

(43)Date of publication of application : 15.04.1997

(51)Int.Cl. H01L 21/304  
B24B 37/00

(21)Application number : 07-255920

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 03.10.1995

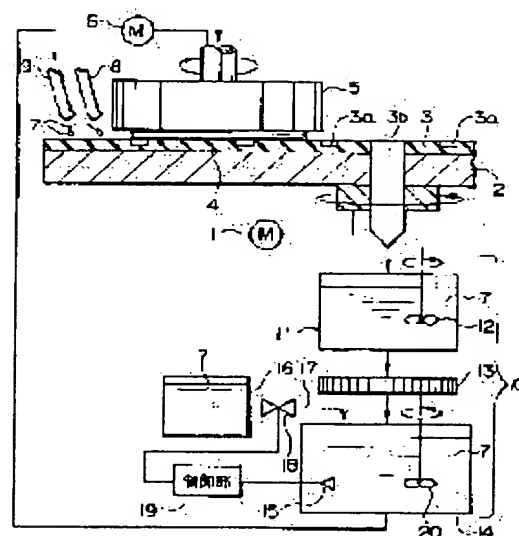
(72)Inventor : KIMURA TAKESHI  
TAGUMA YUICHIRO  
ITO HIDEFUMI  
KONISHI NOBUHIRO  
MITANI SHINICHIRO

## (54) POLISHING APPARATUS

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a polishing apparatus in which the usage efficiency of a polishing liquid is enhanced by a method wherein the polishing liquid is supplied onto a polishing pad, a sheetlike work and the polishing pad are moved relatively in a state that the sheetlike work is pressurized to the polishing pad and the surface of the sheetlike work is polished.

**SOLUTION:** A polishing pad 3 is pasted on a polishing surface plate which is turned around the central axis. A plurality of arc-shaped grooves 3a which are gathered in the central part from the outer circumferential part on the side of a polishing face are formed on the polishing pad 3. The pad is turned in such a way that the recessed part side of the arc-shaped grooves 3a is used as the front in the direction of rotation. Then, a polishing liquid is supplied onto the polishing pad 3 by a nozzle 8 and a nozzle 9 which are arranged in the outer circumferential part of the polishing pad 3. In a state that a semiconductor wafer 4 is pressurized to the polishing pad 3, the semiconductor wafer is moved relatively to the polishing pad 3. The surface of the semiconductor wafer 4 is polished by a polishing head 5 which takes in an abrasive. Thereby, the usage efficiency of the polishing liquid can be enhanced.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-102475

(43) 公開日 平成9年(1997)4月15日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L	21/304	3 2 1	H 0 1 L	21/304 3 2 1 E
				3 2 1 M
B 2 4 B	37/00		B 2 4 B	37/00 C

審査請求 未請求 請求項の数 8

O L

(全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平7-255920

(22) 出願日 平成7年(1995)10月3日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 木村 剛

東京都青梅市今井2326番地 株式会社日立  
製作所デバイス開発センタ内

(72) 発明者 田熊 祐一郎

東京都青梅市今井2326番地 株式会社日立  
製作所デバイス開発センタ内

(72) 発明者 伊藤 秀文

東京都青梅市今井2326番地 株式会社日立  
製作所デバイス開発センタ内

(74) 代理人 弁理士 筒井 大和

最終頁に続く

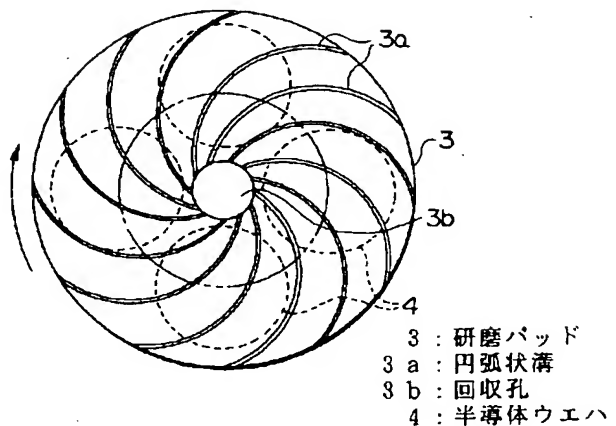
(54) 【発明の名称】 研磨装置

(57) 【要約】

【課題】 研磨液の使用効率を向上できる研磨装置を提供する。

【解決手段】 中心軸回りに回転する研磨定盤と、この研磨定盤に貼り付けられた研磨パッド3と、研磨パッド3上に研磨液を供給するノズルと、研磨パッド3に半導体ウエハ4を加圧した状態でこれを研磨パッド3と相対運動させ、研磨材を取り込んで半導体ウエハ4の表面を研磨する研磨ヘッドとを有する研磨装置である。研磨パッド3には、研磨面側の外周部から中心部に集まる複数本の円弧状溝3aが形成され、円弧状溝3aの凹部側が回転方向前方となって回転するようになっている。ノズルは研磨パッド3の外周部に配置され、研磨パッド3の中心部には集まった研磨液を回収するための回収孔3bが開口されている。

図 2



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 中心軸回りに回転する研磨定盤と、研磨面側の外周部から中心部に集まる湾曲溝が形成されて前記研磨定盤に貼り付けられた研磨パッドと、前記研磨パッド上に研磨液を供給するノズルと、前記研磨パッドに板状ワークを加圧した状態でこれを前記研磨パッドと相対運動させ、研磨材を取り込んで前記板状ワークの表面を研磨する研磨ヘッドとを有することを特徴とする研磨装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の研磨装置において、前記研磨定盤は前記湾曲溝の凹部側が回転方向前方となる方向に回転し、前記ノズルは前記研磨パッドの外周部に配置されていることを特徴とする研磨装置。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 記載の研磨装置において、前記湾曲溝は複数本の円弧状溝であることを特徴とする研磨装置。

【請求項 4】 請求項 1 または 2 記載の研磨装置において、前記湾曲溝は 1 または複数本の渦巻き状溝であることを特徴とする研磨装置。

【請求項 5】 請求項 2、3 または 4 記載の研磨装置において、前記研磨パッドの中心部には、集まった前記研磨液が回収される回収孔が開口されていることを特徴とする研磨装置。

【請求項 6】 請求項 5 記載の研磨装置において、前記回収孔から回収した前記研磨液をフィルタを通して濾過し、これに研磨液の原液または希釈液を補充した後に当該研磨液を前記研磨パッド上に戻す研磨液再生ユニットが取り付けられていることを特徴とする研磨装置。

【請求項 7】 請求項 6 記載の研磨装置において、前記研磨液再生ユニットには、研磨液の粘度、光透過率および光反射率のうちの少なくとも 1 つならびに電気陰性度の検知機能を有するセンサと、そのセンサの検知数値に基づいて前記研磨液の原液または希釈液の補充量を制御する制御部が設けられていることを特徴とする研磨装置。

【請求項 8】 請求項 1～7 のいずれか一項に記載の研磨装置において、前記板状ワークは、表面に絶縁膜または金属膜が堆積された半導体ウエハであることを特徴とする研磨装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は研磨装置に関し、特に、半導体ウエハの表面研磨における研磨液の使用効率の向上に適用して有効な技術に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 高密度半導体集積回路素子の形成プロセスにおいては、堆積した絶縁膜や金属膜のパターン形成等によって半導体ウエハの表面には複雑な凹凸が生ずる。この凹凸をそのままにして引き続きその上にパターン形成を行うと、リソグラフィプロセスでのパターン転

写で焦点深度外になる部分が発生して解像度不足になったり、凹凸の段差部分での膜厚が不足して金属配線膜が欠損したりするために、所望の集積度を有する半導体集積回路が作成できない場合がある。

【0003】 このような問題点を解決するための手段として、たとえば、株式会社工業調査会発行、「電子材料」1993年 6月号（平成 5年 6月 1日発行）、P58～P62に記載されているように、研磨パッドの貼り付けられた研磨定盤に半導体ウエハを押し付けた状態で両者を相対運動させることによって表面に形成された凹凸を研磨し平坦にする CMP（化学的機械的研磨）技術が採用され始めている。この CMP 技術による場合、研磨パッドと半導体ウエハの界面に微細なシリカ砥粒を混ぜた研磨液を介在させて半導体ウエハの凹凸を研磨するが、前記刊行物にも記載されているように、この研磨液は研磨パッドの表面にノズルにより供給される。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、前記した技術によれば、研磨パッド上に供給された研磨液のうち、実際に研磨パッドと半導体ウエハの界面に入り込んで半導体ウエハの研磨に供される量はごく僅かであり、その殆どは遠心力により回転する研磨定盤の外周部から飛散流失することになる。この研磨液は比較的高価であり、本発明者の調査したところによれば研磨にかかる総コストの 3 割強を占めている。

【0005】 したがって、研磨に供されることなく飛散する研磨液をできるだけ減少させて消費量を抑制することができれば、研磨コストを大幅に削減することができる。

【0006】 そこで、本発明の目的は、研磨装置において用いられる研磨液の使用効率を向上させることのできる技術を提供することにある。

【0007】 本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】 本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、次のとおりである。

【0009】 すなわち、本発明による研磨装置は、中心軸回りに回転する研磨定盤と、この研磨定盤に貼り付けられた研磨パッドと、研磨パッド上に研磨液を供給するノズルと、研磨パッドに板状ワークを加圧した状態でこれを研磨パッドと相対運動させ、研磨材を取り込んで板状ワークの表面を研磨する研磨ヘッドとを有するものである。研磨パッドには、研磨面側の外周部から中心部に集まる湾曲溝が形成されている。この場合において、研磨定盤は湾曲溝の凹部側が回転方向前方となる方向に回転するようにし、ノズルは研磨パッドの外周部に配置することが望ましい。湾曲溝としては、複数本の円弧状

溝、あるいは1または複数本の渦巻き状溝を適用することができる。そして、研磨パッドの中心部には、集まった研磨液を回収するための回収孔を開口することができる。

【0010】研磨パッドに回収孔を開口した場合には、回収した研磨液をフィルタを通して濾過し、これに研磨液の原液または希釈液を補充した後に当該研磨液を研磨パッド上に戻す研磨液再生ユニットを取り付けることができる。この場合、研磨液の粘度、光透過率および光反射率のうちの少なくとも1つならびに電気陰性度の検知機能<sup>10</sup>を有するセンサと、そのセンサの検知数値に基づいて研磨液の原液または希釈液の補充量を制御する制御部を設けるようにすることができる。

【0011】これらの場合において、板状ワークとしては、表面に絶縁膜または金属膜が堆積された半導体ウエハとすることができる。

【0012】そして、このような研磨装置によれば、研磨パッドの研磨面側に外周部から中心部に集まる湾曲溝が形成されているので、研磨液は湾曲溝に案内される長い時間<sup>20</sup>にわたって研磨パッド上に留まることになるので必然的に半導体ウエハに作用して研磨に供される量が増加し、研磨液の使用効率を向上させることが可能になる。

【0013】また、湾曲溝の凹部側が回転方向前方となる方向に研磨定盤を回転することで研磨液は研磨パッドの中心部に集められるようになるので、研磨液の回収が容易になる。これにより、使用後の研磨液を研磨パッドの中心部に開口した回収孔から回収して研磨液再生ユニットで再生して再び研磨パッド上に供給することができ、研磨液の再利用率がアップして使用効率を向上させることが可能になる。<sup>30</sup>

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基いて詳細に説明する。

【0015】図1は本発明の一実施の形態による研磨装置の概略図、図2は図1の研磨装置における研磨パッドを示す平面図である。

【0016】図1に示すように、本発明の実施の形態における研磨装置では、温度コントロールされてモータ1により中心軸回りに回転する研磨定盤2を有している。<sup>40</sup> この研磨定盤2には発泡ポリウレタンからなるたとえばロデールニッタ株式会社製、品番：IC1000の研磨パッド3が貼り付けられており、研磨パッド3には、図2に示すように、研磨面側の外周部から中心部に集まる複数本の円弧状溝（湾曲溝）3aが形成されている。円弧状溝3aの寸法はたとえば幅2mm、深さ1mmでその断面形状は矩形となっており、曲率半径は300mmとされている。また、そのピッチは、図2において二点鎖線で示す半導体ウエハ（板状ワーク）4の中心の移動軌跡が直径500mmの場合における円周上で約22mmとされている。そし<sup>50</sup>

て、研磨パッド3は、形成された円弧状溝3aの凹部側が回転方向前方となる方向に回転される。なお、研磨パッド3は前記製品に限定されるものではなく、さらに、発泡ポリウレタン以外であってもよい。

【0017】このような研磨パッド3に対向して、半導体ウエハ4を研磨パッド3に加圧するための研磨ヘッド5が設けられている。この研磨ヘッド5は、真空吸着されたマウンティングパッド（図示せず）を介して半導体ウエハ4を押圧しており、また、モータ6によって自ら研磨定盤2と同一方向に略同一回転速度で回転するようになっている。したがって、研磨ヘッド5に保持された半導体ウエハ4は研磨ヘッド5および研磨定盤2の回転によって研磨パッド3との間で相対運動される。ここで、研磨される半導体ウエハ4は、その表面にシリコン酸化膜（SiO<sub>2</sub>膜）などの絶縁膜、あるいはアルミニウムなどの金属膜が堆積された半導体集積回路素子の形成プロセスにあるもので、堆積により生じた複雑な凹凸を研磨により平坦化するものである。なお、研磨ヘッド5は、図1においては1台しか表されていないが、複数台設置してあってもよい。

【0018】研磨パッド3の外周部には、この研磨パッド3上に研磨液7を供給するノズル8が配置されている。ここで用いられている研磨液7は、たとえば粒径が数百乃至数千オングストロームの二酸化ケイ素（SiO<sub>2</sub>）からなる研磨砥粒が純水に対して5〜10重量%程度含有されたものである。但し、ノズル8を純水供給用と研磨砥粒供給用とに分離してこれらを別系統で供給し、研磨パッド3上で攪拌混合するようにしてもよい。

【0019】前述のように、研磨パッド3は円弧状溝3aの凹部側が回転方向前方となる方向に回転するので、研磨パッド3に供給された研磨液7は当初は遠心力によって径方向外方に流動するが、その後、掻き集められるように円弧状溝3aに入り込む。円弧状溝3aに入り込んだ研磨液7は、研磨定盤2の回転に伴って生ずる空気の粘性力および半導体ウエハ4が研磨パッド3と相対運動することによって生ずる摩擦力により遠心力に打ち勝ち、研磨パッド3の円弧状溝3aに案内されて外周部から長い距離を通り中心部に集められる。したがって、研磨液7は円弧状溝3aにより長時間にわたって研磨パッド3上に存在するようになる。そして、このようにして集まった研磨液7を回収するため、研磨パッド3の中心部には回収孔3bが開口されている。

【0020】この回収孔3bには研磨液再生ユニット10が取り付けられており、再生された研磨液7はノズル9から研磨パッド3上に再供給される。

【0021】すなわち、回収孔3bには回収槽11が接続されており、研磨液7は回収孔3bを通して回収槽11に溜められるようになっている。この回収槽11には攪拌スクリュ12が設置されており、塊状に結合した研磨砥粒を破碎するために研磨液7はこの攪拌スクリュ1

2により常時攪拌されている。

【0022】回収槽11の流出側にはフィルタ13が設置されており、研磨液7はフィルタ13に通されることで液中の異物や研磨砥粒の塊が除去される。

【0023】このようなフィルタ13を介し、回収槽11には再生槽14が接続されており、フィルタ13で濾過された研磨液7は再生槽14に送られる。この再生槽14にはセンサ15が設置され、研磨液7の粘度および電気陰性度が計測されるようになっている。センサ15は補充タンク16から再生槽14に向かう配管17に設置されたバルブ18の開閉を行う制御部19に接続されている。そして、制御部19ではセンサ15での測定値を適正值と比較して過不足の判定を行い、この判定に基づいて研磨液7の原液または希釈液を補充タンク16より供給追加して研磨液7の再生を行うようになっている。再生槽14にも攪拌スクリュ20が取り付けられており、補充後の研磨液7が均質化される。なお、純水に対して研磨砥粒がごく僅かしか含有していないことから粘度計測が困難な場合が想定されるが、このような場合には、研磨液7の光透過率や光反射率を検知するよう

にしてもよい。また、回収槽11に研磨液7の粘度を計測するセンサを設け、回収槽11の段階で希釈液を必要量供給するようにしてもよい。

【0024】再生槽14の流出側には研磨パッド3の外周位置に配置されたノズル9が接続されている。したがって、このような構造の研磨液再生ユニット10により再生された研磨液7は、前述のようにノズル9を通して研磨パッド3上に再び供給される。なお、再生した研磨液7と未使用の新しい研磨液7との経路を集合化し、一つのノズルから研磨パッド3上に供給するよう

にしてもよい。

【0025】このような研磨装置により、表面に絶縁膜や金属膜の堆積された半導体ウエハ4は次のようにして平坦化される。

【0026】まず、たとえば2 $\mu$ m厚のシリコン酸化膜の形成された半導体ウエハ4を研磨ヘッド5に設置してこれを圧力500g/cm<sup>2</sup>で研磨パッド3の貼り付けられた研磨定盤2へ加圧し、毎分0.2リッタの割合で研磨パッド3の外周部に研磨液7を供給しながら研磨定盤2と研磨ヘッド5とを回転させる。研磨定盤2の回転数は20rpm、研磨ヘッド5の回転数20rpmとし、研磨時間は約7分とする。前述のように、研磨定盤2の回転方向は、これに貼り付けられた研磨パッド3の円弧状溝3aの凹部側が回転方向前方となる方向であり、研磨ヘッド5の回転方向はこれと同一方向である。この場合、研磨ヘッド5の外径は研磨定盤2の外径より小さいため、該半導体ウエハ4はどの位置においても研磨定盤2の回転を制止するように研磨パッド5を摺動する。但し、研磨条件はこれらの数値に限定されるものではなく、上記条件を満たす範囲において自由に設定することができる。また、

絶縁膜の膜種もシリコン酸化膜に限定されるものではなく、膜厚も2 $\mu$ m程度である必要はない。なお、研磨対象は金属膜でもよいことは勿論である。

【0027】これにより、研磨ヘッド5に保持された半導体ウエハ4は研磨パッド3との界面に研磨液7を取り込みながら研磨パッド3との間で相対運動を行ってゆき、表面の凹凸が研磨されて平坦化される。また、研磨パッド3上の研磨液7は、前述したメカニズムによって内側に向かって移動しながらも円弧状溝3aに案内されることで長時間研磨パッド3上に滞留して研磨に供され、最終的には中心部の回収孔3bから回収槽11に溜められる。

【0028】回収槽11に溜められた研磨液7は攪拌スクリュ12により攪拌され、研磨で塊状に結合した研磨砥粒が破碎される。次に、フィルタ13に通されて液中異物や研磨砥粒の塊が取り除かれる。このようにして濾過された研磨液7は再生槽14に送られ、センサ15によって粘度および電気陰性度が計測される。これらの測定値は制御部19に送られて過不足の判定がされ、判定結果に基づいてバルブ18が開かれて必要量の研磨液7の原液または希釈液が補充タンク16より供給追加され、攪拌スクリュ20に攪拌されて研磨液7の再生が行われる。そして、再生された研磨液7はノズル9から再び研磨パッド3上に供給される。

【0029】このように、本発明の実施の形態による研磨装置によれば、研磨パッド3の研磨面側には外周部から中心部に集まる複数本の円弧状溝3aが形成され、この円弧状溝3aの凹部側が回転方向前方となる方向に研磨定盤2が回転するようになっているので、研磨パッド3の外周部に供給された研磨液7は円弧状溝3aに入り込んで中心部に集められる。したがって、研磨液7は中心部にまで案内される長い時間にわたって研磨パッド3上に留まることになるので、必然的に半導体ウエハ4に作用して研磨に供される量が増加し、研磨液7の使用効率を向上させることが可能になる。

【0030】また、研磨液7は円弧状溝3aにより研磨パッド3の中心部に集められるようになっているので、遠心力によって研磨パッド3の外側へ飛散してしまう場合に比べて回収が容易になる。したがって、使用後の研磨液7を研磨パッド3の中心部に開口した回収孔3bから回収して研磨液再生ユニット10で再生してノズル9から再び研磨パッド3上に供給することができ、研磨液7の再利用率がアップして使用効率を向上させることが可能になる。なお、本発明者が前記した条件で研磨を行った場合、研磨液7の再生利用率は約30%向上した。

【0031】以上、本発明者によってなされた発明をその実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることは言うまでもない。

【0032】たとえば、本発明の実施の形態においては、湾曲溝としては、外周部から中心部に集まる複数本の円弧状溝3aが形成されているが、たとえば図3に示すように、外周部から中心部に集まる渦巻き状溝23aを研磨パッド23に形成するようにしてもよい。この場合の溝数は複数本でもよいし1本でもよい。なお、図3における符号23bは、研磨液が回収される回収孔である。

【0033】また、本発明の実施の形態では、研磨定盤2は円弧状溝3aなど湾曲溝の凹部側が回転方向前方となる方向に回転させ、これによって研磨液7が中心部に集まることを考慮してノズルを研磨パッドの外周部に配置しているが、研磨液7を研磨パッド上にできるだけ長く留めることだけを考えれば、研磨液7を中心部に供給して研磨定盤2をこれとは反対方向に回転させ、研磨液7を外側に向かって流すようにしてもよい。

【0034】さらに、本発明の実施の形態における研磨装置は、絶縁膜や金属膜の堆積された半導体ウエハ4の表面を平坦化するために用いられているが、シリコンゴットからスライスされた半導体ウエハの研磨に使用することもできる。

【0035】そして、以上の説明では、主として本発明者によってなされた発明をその属する技術分野である半導体製造における研磨装置に適用した場合について説明したが、それに限定されるものではなく、研磨液を用いた他の種々の板状ワークの研磨分野に適用することが可能である。

【0036】

【発明の効果】本願において開示される発明のうち、代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば以下のとおりである。

【0037】(1).すなわち、本発明の研磨パッドによれば、研磨パッドの研磨面側に外周部から中心部に集まる湾曲溝が形成されているので、研磨液は湾曲溝に案内される長い時間にわたって研磨パッド上に留まることになるので必然的に半導体ウエハに作用して研磨に供される量が増加し、研磨液の使用効率を向上させることが可能になる。

【0038】(2).また、湾曲溝の凹部側が回転方向前方となる方向に研磨定盤を回転することで研磨液は研磨パッドの中心部に集められるようになるので、研磨液の回収が容易になる。したがって、使用後の研磨液を研磨パ

ッドの中心部に開口した回収孔から回収して研磨液再生ユニットで再生して再び研磨パッド上に供給することができ、研磨液の再利用率がアップして使用効率を向上させることが可能になる。

【0039】(3).さらに、研磨液再生ユニットにより、粘度調整や異物除去など必要な特性管理が常に行われて研磨液が研磨パッドに再供給されるので、欠陥の少ない安定した品質の研磨を行うことが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態による研磨装置の概略図である。

【図2】図1の研磨装置における研磨パッドを示す平面図である。

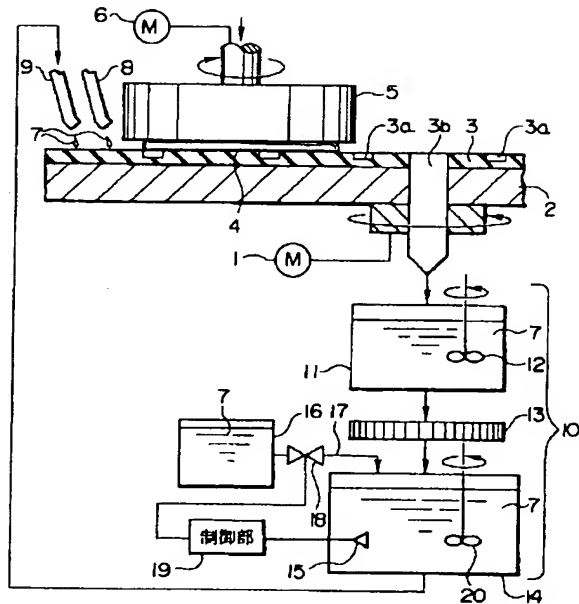
【図3】本発明の他の実施の形態による研磨装置の研磨パッドを示す平面図である。

【符号の説明】

- |     |               |
|-----|---------------|
| 1   | モータ           |
| 2   | 研磨定盤          |
| 3   | 研磨パッド         |
| 3a  | 円弧状溝（湾曲溝）     |
| 3b  | 回収孔           |
| 4   | 半導体ウエハ（板状ワーク） |
| 5   | 研磨ヘッド         |
| 6   | モータ           |
| 7   | 研磨液           |
| 8   | ノズル           |
| 9   | ノズル           |
| 10  | 研磨液再生ユニット     |
| 11  | 回収槽           |
| 12  | 攪拌スクリュ        |
| 13  | フィルタ          |
| 14  | 再生槽           |
| 15  | センサ           |
| 16  | 補充タンク         |
| 17  | 配管            |
| 18  | バルブ           |
| 19  | 制御部           |
| 20  | 攪拌スクリュ        |
| 23  | 研磨パッド         |
| 23a | 渦巻き状溝（湾曲溝）    |
| 23b | 回収孔           |

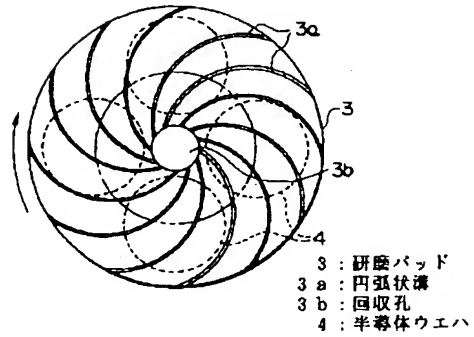
【図 1】

図 1



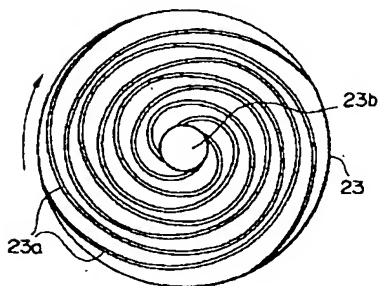
【図 2】

図 2



【図 3】

図 3



フロントページの続き

(72) 発明者 小西 信博  
東京都青梅市今井2326番地 株式会社日立  
製作所デバイス開発センタ内

(72) 発明者 三谷 真一郎  
東京都青梅市今井2326番地 株式会社日立  
製作所デバイス開発センタ内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**